

DT04 Rec'd PCT/PTO 13 JUL 2004

**Method of interpolating output from sensor**

10/501310

Patent Number: ☐ US5783925  
Publication date: 1998-07-21  
Inventor(s): SUGIYAMA MASANORI (JP); UMEMURA CHIAKI (JP)  
Applicant(s): AISIN SEIKI (JP)  
Requested Patent: ☐ DE19704132  
Application Number: US19970796891 19970205  
Priority Number(s): JP19960018779 19960205; JP19970015697 19970129  
IPC Classification: H02P7/00  
EC Classification: H03M1/64P  
Equivalents: JP9273942

---

**Abstract**

---

The period  $T_n$  needed to count a lowermost bit of a signal of which an absolute value of difference between a last real data  $\theta(k)$  and a present real data  $\theta(k+1)$  is assumed to be quantized in a data block period  $T_o$  is obtained. One digital quantity is successively accumulated on the present real data  $\theta(k+1)$  every period  $T_n$  to obtain interpolation data  $C, D, \dots$ . At the point  $t_1$  a final interpolation data  $G$  is adapted to be added or subtracted, the total of added or subtracted digital quantity exceeds the absolute value of difference. Accordingly, a final interpolation data  $G$  is held until a next real data  $\theta(k+2)$  is output.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

Offenlegungsschrift  
⑩ DE 197 04 132 A 1

⑤1 Int. Cl. 8:  
G 01 D 1/16  
G 01 D 1/04  
// G 01 B 7/00, 7/30

②1 Aktenzeichen: 197 04 132.9  
②2 Anmeldetag: 4. 2. 97  
②3 Offenlegungstag: 7. 8. 97

DE 197 04 132 A 1

③0 Unionspriorität:

P 8-18779 05.02.96 JP  
P 9-15697 29.01.97 JP

⑦1 Anmelder:

Aisin Seiki K.K., Kariya, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑦2 Erfinder:

Umemura, Chiaki, Kariya, Aichi, JP; Sugiyama,  
Masanori, Kariya, Aichi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Interpolation eines Sensoreinrichtungs-Ausgangssignals

⑤7 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Periode  $T_n$  erhalten, die zum Zählen eines niedrigstwertigen Bits eines Signals erforderlich ist, aus dem ein Absolutwert der Differenz zwischen einem letzten tatsächlichen Datum  $\Theta(k)$  und einem aktuellen tatsächlichen Datum  $\Theta(k+1)$  hergeleitet wird, um in einer Datenblockperiode  $T_0$  quantisiert zu werden. Eine digitale Größe wird in jeder Periode  $T_n$  zu dem aktuellen tatsächlichen Datum  $\Theta(k+1)$  aufeinanderfolgend addiert, um Interpolationsdaten C, D, ... zu erhalten. Am Punkt  $t_1$  wird ein End-Interpolationsdatum G zur Addition oder Subtraktion angepaßt, wobei die Summe addierter oder subtrahierter digitaler Größen den Absolutwert der Differenz überschreitet. Dementsprechend wird ein End-Interpolationsdatum G bis zur Ausgabe eines nächsten tatsächlichen Datums  $\Theta(k+2)$  gehalten.

DE 197 04 132 A 1

Die Erfindung betrifft eine Verbesserung eines Verfahrens zur Interpolation eines digitalen Signals, das von einer Sensoreinrichtung, wie einer an einer Rotations-Stellantriebseinrichtung, wie einem Motor zum Antrieb eines elektrischen Fahrzeugs, angebrachten Drehmel-deeinrichtung, abgetastet und ausgegeben wird.

Vor kurzem wurde eine ein analoges Signal ausge-bende Sensoreinrichtung ferner mit einer Schaltung zur Umwandlung des analogen Signals in ein digitales Si-gnal versehen, die das analoge Signal abtastet und das umgewandelte digitale Signal periodisch ausgibt, um dessen nachfolgende Verarbeitung zu erleichtern.

Eine Drehmeldeeinrichtung zur Erfassung eines Um-drehungswinkels eines Motors als analoges Signal weist beispielsweise eine sogenannte Drehmeldeeinrichtungs-Digital-Umwandlungsschaltung auf, die ein von der Drehmeldeeinrichtung periodisch ausgegebenes analo-ges Umdrehungswinkelsignal abtastet, in ein digitales Signal umwandelt und das umgewandelte digitale Signal ausgibt.

Somit ist das Ausgangssignal der vorstehend ange-führten Schaltung ein an vorbestimmten Intervallen ab-getastetes und quantisiertes digitales Signal. Resultie-rende Ausgangsdaten sind diskontinuierliche (diskrete) Informationswerte. Diese Diskontinuität macht sich be-sonders bei kostengünstigen Schaltungen bemerkbar. Bei einer allgemeinen in der Drehmeldeeinrichtung vor-gesehenen Drehmeldeeinrichtungs-Digital-Umwand-lungsschaltung werden die Umdrehungswinkelinforma-tionen im allgemeinen beispielsweise lediglich einmal pro 250  $\mu$  erhalten, so daß bei der Umdrehung des Mo-tors mit einer hohen Rate, eine genaue Bestimmung einer zugehörigen Winkelposition schwierig wird.

Zum Erhalten ausführlicher Daten wurden verschie-dene Verfahren zur Schätzung von Daten untersucht. Mit diesen Verfahren wurde eine Inklinaton oder der-gleichen nachfolgender Daten auf der Grundlage von durch eine Sensoreinrichtung zur aktuellen Zeit (aktuel-ler Wert) und der vergangen Zeit (beispielsweise letzter Wert) erhaltenen tatsächlichen Daten geschätzt, um ei-ne lineare Annäherung (lineare Interpolation) durchzu-führen. Dementsprechend können sich geschätzte Da-ten (Interpolationswerte) stark von einem unmittelbar nachfolgenden neuen tatsächlichen Datum (Nest-Wert) unterscheiden, und die Richtung der Veränderung von dem letzten Wert über den aktuellen Wert zu den Inter-polationswerten kann zu der von den Interpolations-werten zu dem nächsten Wert entgegengesetzt sein.

In Fällen, in denen tatsächliche Daten beispielsweise Umdrehungswinkelinformationen darstellen, können sich zugehörige geschätzte Daten (Interpolationswerte) von einem neuen tatsächlichen Datum (nächsten Wert) in der Umdrehungsrichtung weg bewegen, woraus sich falsche Umdrehungswinkelinformationen dahingehend ergeben, daß die Richtung der Umdrehung im Augen-blick der Ausgabe umgekehrt ist.

Desweiteren werden bei dem herkömmlichen linea-ren Interpolationsverfahren Interpolationswerte in vor-bestimmten Intervallen in der Periode zwischen den Ausgabepunkten des aktuellen Werts und des nächsten Werts ausgegeben. Daher wird die Interpolation im Fall, daß die Signale stark variieren, grob, und im Fall, daß die Signale kaum variieren, werden Signalverarbeitung und Ausgabevorgang redundant.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde ein Verfahren zur Interpolation eines Sensoreinrichtungs-

Ausgangssignals auszugestalten, das die Probleme des herkömmlichen eine lineare Interpolation verwenden-den Daten-Schätzverfahrens löst und eine sehr genaue Datenschätzung unter Verwendung einer linearen In-terpolation mit einfachem Aufbau ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch ein verbessertes Verfahren zur Interpolation eines Sensoreinrichtungs-Ausgangssi-gnals gelöst, mit den Schritten Berechnen einer aktuel-len Signaldifferenz zwischen einem aktuellen Wert und einem letzten Wert eines aus einer Sensoreinrichtung periodisch aus gegebenen digitalen Signals, Berechnen einer aktuellen Periode zwischen Ausgabepunkten des aktuellen Werts und des letzten Werts durch Zählen von Taktimpulsen, Berechnen eines Interpolationswerts auf der Grundlage der aktuellen Signaldifferenz und der aktuellen Periode, Ausgeben des Interpolationswerts an einem vorbestimmten Punkt in einer nächsten Periode zwischen Ausgabepunkten des aktuellen Werts und ei-nes nächsten Werts des digitalen Signals, Berechnen ei-nes Interpolationsintervalls, das als ein durch Division der aktuellen Periode durch einen Absolutwert der ak-tuellen Signaldifferenz und ihres Näherungswerts erhal-tener Wert definiert ist, aufeinanderfolgendes Berechnen einer Vielzahl von Interpolationswerten entweder durch Addition oder Subtraktion eines Werts, der N-mal größer als eine Zählseinheit eines vorbestimmten Pegels der aktuellen Signaldifferenz ist (N sind positive Integerwerte, die mit 1 beginnen und aufeinanderfol-gend erhöht werden), zu oder von dem aktuellen Wert in einer Richtung der Addition oder Subtraktion, was von einem Vorzeichen der aktuellen Signaldifferenz ab-hängt, und Ausgeben eines N-ten Interpolationswerts in der nächsten Periode, wenn eine Periode von dem Aus-gabepunkt des aktuellen Werts an mit einem gegenüber dem Interpolationsintervall N-mal größeren Wert über-einstimmt.

Wenn gemäß diesem Verfahren die aktuelle Signal-differenz groß ist, verkleinert sich ein resultierendes In-terpolationsintervall invers, während dann, wenn die ak-tuelle Signaldifferenz klein ist, sich ein resultierendes Interpolationsintervall invers vergrößert. Wenn die ak-tuelle Signaldifferenz gleich Null ist, wird kein Interpo-lationsvorgang durchgeführt. Somit wird die Interpo-lationsverarbeitung entsprechend der Größe der aktuel-len Signaldifferenz durchgeführt, so daß die Belastung durch die Interpolationsverarbeitung ohne Verschlech-terung der Interpolationsgenauigkeit verringert werden kann.

Da desweiteren das Interpolationsintervall durch Di- vision der aktuellen Periode durch den Absolutwert der aktuellen Signaldifferenz oder des zugehörigen Nähe-rungswerts (binäres Signal) erhalten wird, kann eine große Anzahl von Interpolationswerten lediglich durch Addition oder Subtraktion eines gegenüber dem vorbe-stimmten Wert N-mal größeren Werts zu oder von dem aktuellen Wert berechnet werden, wodurch eine einfa-che Handhabung von Interpolationswerten ermöglicht wird.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestal-tungen der Erfindung gekennzeichnet.

Die Erfindung ist nachstehend anhand von Ausführ-ungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur Interpolation eines Sensoreinrich-tungs-Ausgangssignals und

Fig. 2 ein Zeitablaufdiagramm der Arbeitsweise der Schaltung in Fig. 1.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur Interpolation eines Sensor-einrichtung-Ausgangssignals, das bei einer Drehmelde-einrichtung angewendet wird. In Fig. 1 bezeichnet Bezugszeichen 12 einen Motor als Antriebsquelle eines elektrischen Fahrzeugs, wobei eine bereits bekannte Drehmeldeeinrichtung 13 an einer Abtriebswelle 12a des Motors 12 befestigt ist. Die Drehmeldeeinrichtung 13 weist eine Erreger-(dreh-)spule 13a und (feste) Ausgangsspulen 13b und 13c auf, die gegeneinander um einen elektrischen Winkel von  $90^\circ$  versetzt sind. Wenn durch eine nachstehend beschriebene Drehmeldeeinrichtungs-Verarbeitungsschaltung 1 eine Sinusspannung an die Erregerspule 13a angelegt wird, werden eine Sinusspannung und eine Cosinusspannung, die sich jeweils entsprechend dem Umdrehungswinkel der Abtriebswelle 12a des Motors 12 verändern, in den Ausgangsspulen 13b und 13c induziert, und die induzierte Sinusspannung und Cosinusspannung werden an die Drehmeldeeinrichtungs-Verarbeitungsschaltung (R/C-Umwandlungsschaltung) 1 angelegt.

Die Drehmeldeeinrichtungs-Verarbeitungsschaltung 1 berechnet ein Positionssignal als digitales Signal von 12 Bit, das den Umdrehungswinkel darstellt, auf der Grundlage der Sinusspannung und Cosinusspannung mittels eines vorbestimmten konstanten durch das Zählen eines Taktimpulses eines Taktsignals CLOCK bestimmten Intervalls. Die Drehmeldeeinrichtungs-Verarbeitungsschaltung 1 gibt das somit berechnete Positionssignal zusammen mit einem BUSY-Signal als den Abtastzeitpunkt darstellendes Impulssignal aus.

Das Positionssignal wird in einen Dateneingangsanschluß D einer ersten aus einem flankengesteuerten Flip-Flop bestehenden Latch-Schaltung 2 eingegeben, während das BUSY-Signal in einen Triggerimpuls-Eingangsanschluß C der ersten Latch-Schaltung 2 eingegeben wird. Das BUSY-Signal wird außerdem in einen Triggerimpuls-Eingangsanschluß C einer aus einem flankengesteuerten Flip-Flop bestehenden zweiten Latch-Schaltung 3 eingegeben. Ein Ausgangssignal der ersten Latch-Schaltung 2 wird an einen Dateneingangsanschluß D der zweiten Latch-Schaltung 3 angelegt. Somit hält die erste Latch-Schaltung 2 während einer Periode des BUSY-Signals ein zur aktuellen Zeit erfaßtes aktuelles Positionssignal  $D_{k+1}$  (aktueller Wert) und die zweite Latch-Schaltung 3 ein zur letzten Zeit erfaßtes letztes Positionssignal  $D_k$  (letzter Wert). Die erste und die zweite Latch-Schaltung 2 und 3 geben jeweils Positionssignale  $D_{k+1}$  und  $D_k$  an eine Subtraktionseinrichtung 4 aus. Die Subtraktionseinrichtung 4 subtrahiert das Positionssignal  $D_k$  von dem Positionssignal  $D_{k+1}$  und berechnet einen Absolutwert der dazwischenliegenden Differenz (Absolutwert der aktuellen Signaldifferenz)  $D_A - B$ . Die Subtraktionseinrichtung 4 ist zusätzlich zu einer Subtraktionsschaltung und einer Absolutwertschaltung auch mit einer Vorzeichenausgabeschaltung zur Ausgabe eines Vorzeichensignals S eines Bits versehen, das ein positives oder negatives Vorzeichen der aktuellen Signaldifferenz darstellt. Die ausführliche Darstellung der Vorzeichenausgabeschaltung wird weggelassen.

Das BUSY-Signal wird auch in einen Rücksetzanschluß R einer Datenperiodenzähleinrichtung 5 eingegeben. Die Datenperiodenzähleinrichtung 5 zählt den Taktimpuls des Taktsignals CLOCK, nachdem das BUSY-Signal eingegeben wurde, und gibt ein BUSY-Periodensignal  $D_{-0}$  (aktuelle Periode) aus. Demnach stellt das BUSY-Periodensignal  $D_{-0}$  (aktuelle Periode) das In-

tervall zwischen den Abgabepunkten des Positionssignals  $D_k$  (letzter Wert) und dem Positionssignal  $D_{k+1}$  (aktueller Wert) dar.

Das BUSY-Periodensignal  $D_{-0}$  und das Signal des Absolutwerts der Differenz  $D_A - B$  werden in eine Divisionseinrichtung 6 eingegeben. Die Divisionseinrichtung 6 dividiert das BUSY-Periodensignal  $D_{-0}$  durch das Signal des Absolutwerts der Differenz  $D_A - B$  und gibt die Zeit, die zur Veränderung eines das Signal des Absolutwerts der Differenz  $D_A - B$  darstellenden binären Signals um den Wert seines niedrigstwertigen Bits erforderlich ist (Interpolationsintervall), als Zählwert n des Taktimpulses des Taktsignals CLOCK aus. Das heißt, der Zählwert n des Taktimpulses stellt die zur Veränderung des Signals des Absolutwerts der Differenz  $D_A - B$  um den Wert des niedrigstwertigen Bits bei der Interpolationsverarbeitung geeignete Zeit (Interpolationsintervall) dar.

Der Zählwert n des Taktimpulses wird durch eine Vergleichereinrichtung 8 mit einem aus einer Tn-Zähleinrichtung 7 ausgegebenen Zählwert 7n verglichen. Die Tn-Zähleinrichtung 7 zählt die Taktimpulse des Taktsignals CLOCK. Ein Ausgangssignal 8a der Vergleichereinrichtung 8 oder ein Ausgangssignal 9a einer nachstehend beschriebenen Vergleichereinrichtung 9 wird in die Tn-Zähleinrichtung 7 mittels einer ODER-Schaltung 20 eingegeben. Die Tn-Zähleinrichtung 7 wird rückgesetzt, wenn die Ausgangssignale 8a oder 9a auf einen hohen Pegel zurückkehren. Die Vergleichereinrichtung 8 gibt einen Impuls 8a aus, wenn der die Zählzeit der Tn-Zähleinrichtung 7 darstellende Zählwert 7n mit dem das Interpolationsintervall darstellenden Zählwert n übereinstimmt, der aus der Divisionseinrichtung 6 ausgegeben wurde. Demnach entspricht das Intervall des Impulses 8a dem Interpolationsintervall. Wie nachstehend beschrieben wird, gibt die Vergleichereinrichtung 9 einen Impuls aus, wenn ein Signal 10a, das einen zu oder von dem Positionssignal  $D_{k+1}$  zu addierenden oder zu subtrahierenden Interpolationswert darstellt, das Signal des Absolutwerts der Differenz  $D_A - B$  überschreitet.

Der aus der Vergleichereinrichtung 8 ausgegebene Impuls 8a wird jeweils in einen Takteingangsanschluß C einer Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 zur Interpolationsverarbeitung und einer Akkumulationszähleinrichtung 10 eingegeben.

Die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 ist eine flankengesteuerte Zähleinrichtung. Die Drehmeldeeinrichtungs-Verarbeitungsschaltung 1 gibt ein Positionssignal an einen Dateneingangsanschluß D der Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 und ein BUSY-Signal an ihren Belastungssteueranschluß L aus. Die derart aufgebaute Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 ist eine zur Berechnung von Interpolationswerten angepaßte Schaltung und enthält eine Aufwärts-Abwärts-Zähleinrichtung. Bei der Eingabe des BUSY-Signals in den Belastungssteueranschluß L der Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 wird ein Positionssignal (aktueller Wert) gesetzt. Dann wird jedesmal dann, wenn eine Vorderflanke oder Hinterflanke des Übereinstimmungs-Ausgangsimpulses 8a in den Takteingangsanschluß C eingegeben wird, ein Bit (eine digitale Größe), d. h. der Wert eines Bits, akkumulativ addiert oder subtrahiert, und ein resultierender Interpolationswert zu Beginn jedes Interpolationsintervalls ausgegeben.

Die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 empfängt von der Subtraktionseinrichtung 4 ein Vorzeichensignal S eines Bits, das das positive oder negative

Vorzeichen der Differenz (aktuellen Signaldifferenz) darstellt, und bestimmt auf der Grundlage des Vorzeichensignals S, ob eine Subtraktion (ein abwärts-Zählen) oder eine Addition (ein aufwärts-Zählen) durchzuführen ist. Wenn das Positionssignal  $D_k$  (letzter Wert) niedriger als  $D_{k+1}$  (aktueller Wert) ist, führt die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 eine akkumulative Addition durch, und wenn das Positionssignal  $D_k$  (letzter Wert) größer als  $D_{k+1}$  (aktueller Wert) ist, führt die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 eine akkumulative Subtraktion durch.

Das BUSY-Signal wird auch in einen Rücksetzanschluß R der Akkumulationszähleinrichtung 10 eingegeben. Der aus der Vergleichereinrichtung 8 ausgegebene Übereinstimmungs-Ausgangsimpuls 8a, der den Beginn jedes Interpolationsintervalls darstellt, wird in einen Zählanschluß der Akkumulationszähleinrichtung 10 eingegeben. Wie vorstehend beschrieben ist, gibt die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung jedesmal dann, wenn ein neues Interpolationsintervall beginnt (d. h. der Übereinstimmungs-Ausgangsimpuls 8a ausgegeben wird), einen Interpolationswert aus, der von dem vorhergehenden Interpolationswert um den Wert eines Bits abweicht. Daraus ergibt sich, daß die Akkumulationszähl-Einrichtung 10 einen Zählwert 10a, der die Differenz zwischen einem aktuell ausgegebenen Interpolationswert und dem Positionssignal  $D_{k+1}$  (aktueller Wert) darstellt, an die Vergleichereinrichtung 9 durch Zählen des Übereinstimmungs-Ausgangsimpulses 8a ausgibt.

Die Vergleichereinrichtung 9 vergleicht das Signal des Absolutwerts der Differenz  $D_A - B$  mit dem Zählwert 10a. Wenn der Zählwert 10a gleich dem Signal des Absolutwerts der Differenz  $D_A - B$  wird, gibt die Vergleichereinrichtung 9 ein Signal mit hohem Pegel über die ODER-Schaltung 20 in den Rücksetzanschluß der Tn-Zähleinrichtung 7 ein. Danach gibt die Tn-Zähleinrichtung 7 Null aus, und somit gibt die Vergleichereinrichtung 8 keinen Übereinstimmungs-Ausgangsimpuls 8a aus, woraus sich ergibt, daß die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 den auszugebenden Interpolationswert nicht verändert.

Nachstehend wird die Arbeitsweise der Drehmelde-einrichtungs-Interpolationsschaltung unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben.

Fig. 2(A) zeigt das aus der Drehmeldeeinrichtungs-Verarbeitungsschaltung 1 ausgegebene BUSY-Signal.  $T_0$  bezeichnet ein Datenblockintervall eines in Fig. 2(D) gezeigten Positionssignals. Fig. 2(B) zeigt ein Taktsignal CLOCK.

Während der Periode  $T_n$  nach der Ausgabe eines Datums  $\theta(k+1)$ , das ein einen Winkel  $\theta(k+1)$  darstellendes aktuelles Positionssignal (aktueller Wert) ist, aus der Drehmeldeeinrichtungs-Verarbeitungsschaltung 1 bei der Vorderflanke des BUSY-Signals 21, wird ein Datum  $\theta(k+1)$  durch die erste Latch-Schaltung 2 und ein Datum  $\theta(k)$  durch die zweite Latch-Schaltung 3 gehalten. Der Winkel  $\theta(k)$  entspricht einem letzten Positionssignal (letzten Wert).

Die Daten  $\theta(k+1)$  und  $\theta(k)$ , die jeweils durch die erste Latch-Schaltung 2 und die zweite Latch-Schaltung 3 gehalten werden, werden an die Subtraktionseinrichtung 4 ausgegeben, wodurch das Signal des Absolutwerts der Differenz  $D_A - B$  zwischen diesen Daten erhalten wird. Das Signal  $D_A - B$  stellt eine Winkeländerung zwischen dem aktuellen Datum  $\theta(k+1)$  und letzten Datum  $\theta(k)$  dar.

Die Divisionseinrichtung 6 dividiert das von der Da-

tenperiodenzähleinrichtung 5 eingegebene BUSY-Periodensignal  $D_{BUSY}$  durch das Signal des Absolutwerts der Differenz  $D_A - B$ . Da das BUSY-Periodensignal  $D_{BUSY}$  ein  $T_0$  darstellender digitaler Wert ist, gibt die Divisionseinrichtung 6 das  $T_0 / \{\theta(k+1) - \theta(k)\}$  darstellende Signal n aus.

Das Signal n stellt die zur Veränderung des niedrigstwertigen Bits eines die Winkeländerung  $\{\theta(k+1) - \theta(k)\}$  anzeigenden binären Signals erforderliche Periode dar, d. h. das Interpolationsintervall. Durch Zählen der Zeit, die gleich dem als das Signal n definierten Interpolationsintervall ist, wie es in Fig. 2(C) gezeigt ist, wird das Interpolationsintervall  $T_n$  als Periode eines Interpolationssignals bestimmt.

Die Tn-Zähleinrichtung 7 und die Vergleichereinrichtung 8 sind zum Erhalten eines in Fig. 2(C) gezeigten Interpolationsperiodensignals angepaßt. Dieses Interpolationsperiodensignal entspricht dem Übereinstimmungs-Ausgangsimpuls 8a, der aus der Vergleichereinrichtung 8 ausgegeben wird, die den aus der Tn-Zähleinrichtung 7 aus gegebenen Zählwert 7n mit dem aus der Divisionseinrichtung 6 ausgegebenen Signal n vergleicht. Das heißt, während der Zählwert 7n mit dem Signal n übereinstimmt, wird der Übereinstimmungs-Ausgangsimpuls 8a auf ein Signal 22 mit hohem Pegel gelegt, um die Tn-Zähleinrichtung 7 rückzusetzen. Daraus ergibt sich der Übereinstimmungs-Ausgangsimpuls 8a, d. h. das Interpolationsintervallsignal 22, das wiederholt in Intervallen ausgegeben wird, die mit dem Interpolationsintervall  $T_n$  übereinstimmen.

Jedesmal wenn der Übereinstimmungs-Ausgangsimpuls 8a eingegeben wird, addiert (aufwärts-Zählen) oder subtrahiert (abwärts-Zählen) die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 ein Bit zu oder von dem aktuellen Positionssignal. Die Zählrichtung der Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11, d. h. ob ein Bit zu addieren oder zu subtrahieren ist, wird in Anbetracht dessen bestimmt, ob die Daten zunehmen oder abnehmen. Somit gibt die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 ein in Fig. 2(E) gezeigtes Drehmeldeeinrichtungs-Positions-Interpolationssignal (Interpolationswerte) aus.

Wie es in Fig. 2(E) gezeigt ist, gibt die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 direkt ein dem aktuellen Wert  $\theta(k+1)$  entsprechendes digitales Signal als Drehmeldeeinrichtungs-Positions-Interpolationssignal (Interpolationswert) in einem ersten Interpolationsintervall  $T_n$  unmittelbar nach der Ausgabe des BUSY-Signals aus. In einem zweiten Interpolationsintervall  $T_n$  gibt die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 ein dem Winkel  $\theta(k+1) + \{\theta(k+1) - \theta(k)\} / (T_0 / T_n)$  entsprechendes digitales Signal als Drehmeldeeinrichtungs-Positions-Interpolationssignal (Interpolationswert) C aus. Der Interpolationswert C ist gleich dem durch Addition oder Subtraktion des Werts des niedrigstwertigen Bits zu oder von dem digitalen Signal des aktuellen Werts erhaltenen Signal. Im nächsten Interpolationsintervall  $T_n$  gibt die Additions-Subtraktions-Zähleinrichtung 11 ein dem Winkel  $\theta(k+1) + 2\{\theta(k+1) - \theta(k)\} / (T_0 / T_n)$  entsprechendes digitales Signal als Drehmeldeeinrichtungs-Positions-Interpolationssignal (Interpolationswert) D aus. Der Interpolationswert D ist gleich dem durch doppelte Addition oder Subtraktion des Werts des niedrigstwertigen Bits zu oder von dem digitalen Signal des aktuellen Werts erhaltenen Signal.

Die vorstehend beschriebene Interpolationsverarbeitung wird solange ausgeführt, bis das Ausgangssignal 10a der Akkumulationszähleinrichtung 10, die zum Zählen des Übereinstimmungs-Ausgangsimpulses 8a ange-



paßt ist, mit dem aus der Subtraktionseinrichtung 4 ausgegebenen Signal des Absolutwerts der Differenz  $D_{A-B}$  übereinstimmt. Falls die Interpolationsverarbeitung wie im Fall von Fig. 2 i-mal durchgeführt wird, entspricht das Datum G eines End-Drehmeldeeinrichtungs-Positions-Interpolationssignals (Interpolationswerts) dem Winkel  $\theta(k+1) + i[\theta(k+1) - \theta(k)]/(T_0/T_n)$ .

Wenn das Enddatum G aus der Akkumulationszähleinrichtung 10 ausgegeben wird und der Übereinstimmungsausgangsimpuls 8a am Punkt t1 weiter ausgegeben wird, überschreitet das aus der Akkumulationszähleinrichtung 10 ausgegebene Signal 10a das Signal des Absolutwerts  $D_{A-B}$ .

Die Vergleichereinrichtung 9 erfaßt das Überschreiten des Signals des Absolutwerts  $D_{A-B}$  durch das Signal 10a, um das Ausgangssignal 9a in ein Signal mit hohem Pegel zu ändern. Daraus ergibt sich, daß die  $T_n$ -Zähleinrichtung 7 hierauf kontinuierlich rückgesetzt ist, um das Ansteigen des Übereinstimmungsausgangsimpulses 8a in der Vergleichereinrichtung 8 zu blockieren. Somit werden die Daten G des Drehmeldeeinrichtungs-Positions-Interpolationssignals (Interpolationswerts) solange gehalten, bis ein dem Winkel  $\theta(k+2)$  entsprechendes nächstes Positionssignal  $\theta(k+2)$  (nächster Wert) erhalten wird.

Mit diesem Ausführungsbeispiel können folgende Funktionsvorteile erreicht werden.

Normalerweise verändert sich das aus der Sensoreinrichtung periodisch ausgegebene digitale Signal in einer kurzen Periode näherungsweise linear, und somit ist eine nächste Signaldifferenz zwischen dem aktuellen Wert und einem nächsten Wert näherungsweise gleich der aktuellen Signaldifferenz zwischen dem letzten Wert und dem aktuellen Wert. Wenn sich die Signaländerungsrate plötzlich verändert, unterscheidet sich die nächste Signaldifferenz von der aktuellen Signaldifferenz. Durch die Datenschätzung unter Verwendung eines Differentialkoeffizienten oder dergleichen der Signaländerungsrate kann eine genauere Berechnung der Interpolationswerte durchgeführt werden. Die Datenschätzung erfordert jedoch viele und komplexe Verarbeitungsvorgänge.

Wenn daher bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ein Interpolationswert einen durch lineare Interpolation auf der Grundlage des letzten Werts und des aktuellen Werts geschätzten Wert überschreitet, wird eine Beurteilung dahingehend, daß sich die Signaländerungsrate plötzlich geändert hat, zur Unterbrechung einer weiteren Erhöhung oder Erniedrigung des Interpolationswerts durchgeführt. Dieser Aufbau verhindert, daß der Interpolationswert den nächsten geschätzten Wert überschreitet oder darüber hinaus schießt, wodurch eine überaus große Signalveränderung zwischen einem End-Interpolationswert in einer nächsten Periode und dem nächsten Wert eingeschränkt wird.

Wenn die Interpolationsverarbeitung in Intervallen durchgeführt wird, während sich der Absolutwert (digitales Signal) der Differenz zwischen dem aktuellen Wert und dem letzten Wert um die digitale Einheitsgröße verändert, kann ein Vorteil dahingehend erreicht werden, daß, falls sich ein derartiges digitales Signal linear verändert, der aktuelle Wert, nächste Wert und die zwischen den beiden Werten ausgebildeten Interpolationswerte in gleichförmigen Intervallen angeordnet werden können.

Das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel ist lediglich ein Ausführungsbeispiel der Erfindung. Erfindungsgemäß ist auch ein gegenüber dem in Fig. 1 ge-

zeigten anderer Aufbau der Interpolationsschaltung möglich.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Periode  $T_n$  erhalten, die zum Zählen eines niedrigstwertigen Bits eines Signals erforderlich ist, aus dem ein Absolutwert der Differenz zwischen einem letzten tatsächlichen Datum  $\theta(k)$  und einem aktuellen tatsächlichen Datum  $\theta(k+1)$  hergeleitet wird, um in einer Datenblockperiode  $T_0$  quantisiert zu werden. Eine digitale Größe wird in jeder Periode  $T_n$  zu dem aktuellen tatsächlichen Datum  $\theta(k+1)$  aufeinanderfolgend addiert, um Interpolationsdaten C, D, ... zu erhalten. Am Punkt t1 wird ein End-Interpolationsdatum G zur Addition oder Subtraktion angepaßt, wobei die Summe addierter oder subtrahierter digitaler Größen den Absolutwert der Differenz überschreitet. Dementsprechend wird ein End-Interpolationsdatum G bis zur Ausgabe eines nächsten tatsächlichen Datums  $\theta(k+2)$  gehalten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Interpolation eines Sensoreinrichtungsausgangssignals, gekennzeichnet durch die Schritte

Berechnen einer aktuellen Signaldifferenz zwischen einem aktuellen Wert und einem letzten Wert eines aus einer Sensoreinrichtung (13) periodisch ausgegebenen digitalen Signals,

Berechnen einer aktuellen Periode zwischen Ausgabepunkten des aktuellen Werts und des letzten Werts durch Zählen von Taktimpulsen,

Berechnen eines Interpolationswerts auf der Grundlage der aktuellen Signaldifferenz und der aktuellen Periode,

Ausgeben des Interpolationswerts an einem vorbestimmten Punkt in einer nächsten Periode zwischen Ausgabepunkten des aktuellen Werts und eines nächsten Werts des digitalen Signals,

Berechnen eines Interpolationsintervalls, das als ein durch Division der aktuellen Periode durch einen Absolutwert der aktuellen Signaldifferenz und ihres Näherungswerts erhaltener Wert definiert ist, aufeinanderfolgendes Berechnen einer Vielzahl von Interpolationswerten entweder durch Addition oder Subtraktion eines Werts, der N-mal größer als eine Zählereinheit eines vorbestimmten Pegels der aktuellen Signaldifferenz ist (N sind positive Integerwerte, die mit 1 beginnen und aufeinanderfolgend erhöht werden), zu oder von dem aktuellen Wert in einer Richtung der Addition oder Subtraktion, was von einem Vorzeichen der aktuellen Signaldifferenz abhängt, und

Ausgeben eines N-ten Interpolationswerts in der nächsten Periode, wenn eine Periode von dem Ausgabepunkt des aktuellen Werts an mit einem gegenüber dem Interpolationsintervall N-mal größeren Wert übereinstimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Interpolationsintervall durch Division der aktuellen Periode durch den Absolutwert der aktuellen Signaldifferenz berechnet wird, und die Vielzahl der Interpolationswerte aufeinanderfolgend entweder durch Addition oder Subtraktion eines Werts, der N-mal größer als eine minimale Zählereinheit der aktuellen Signaldifferenz ist (N sind positive Integerwerte, die mit 1 beginnen und aufeinanderfolgend erhöht werden), zu oder von dem aktuellen Wert in einer Richtung entweder der

Addition oder der Subtraktion berechnet werden, was von dem Vorzeichen der aktuellen Signaldifferenz abhängt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß, nachdem der Wert, der N-mal größer als die Zählereinheit ist, den Absolutwert der aktuellen Signaldifferenz überschritten hat, einer der Vielzahl der Interpolationswerte, der unmittelbar zuvor ausgegeben worden ist, bis zur Ausgabe des nächsten Werts ausgegeben wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



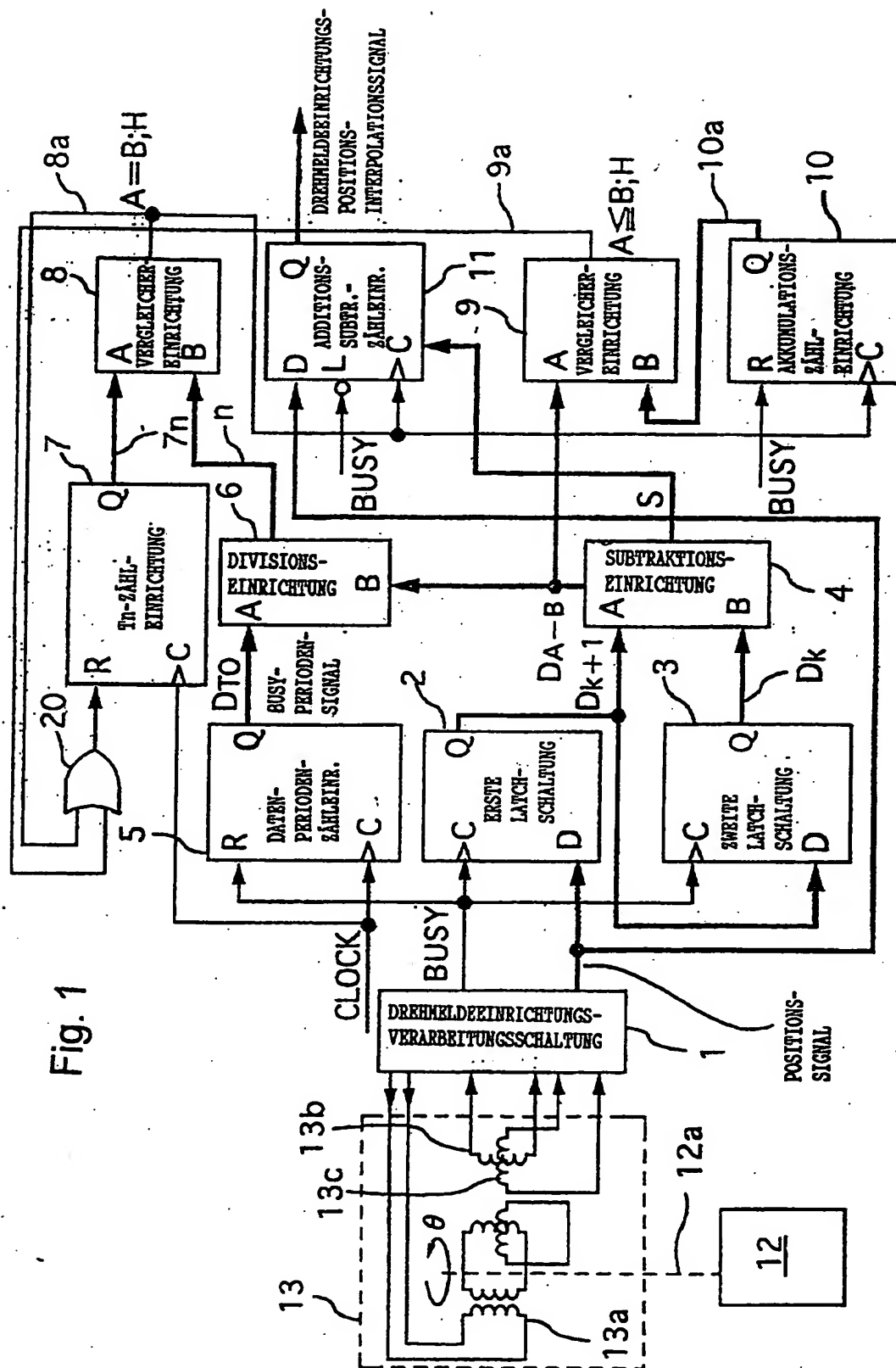


Fig. 1

Fig. 2

